

Mestna občina Celje
Komisija mladi za Celje

Pogoji za rast kristalov

RAZISKOVALNA NALOGA



AVTORJA

Zala Ana Zupanc in Vito Drofenik

MENTORICA

Barbara Petan, prof. kem. in bio.

Celje, marec 2015

Osnovna šola Frana Kranjca Celje

Pogoji za rast kristalov

RAZISKOVALNA NALOGA

Avtorja:

Zala Ana Zupanc in Vito Drofenik

Mentorica:

Barbara Petan, prof. kem. in bio.

Mestna občina Celje, Mladi za Celje

Celje, 2015

KAZALO

1	UVOD	5
2	HIPOTEZE	6
3	METODE	6
4	TEORETIČNI DEL NALOGE.....	12
	4.1 KAJ JE KRISTAL?	12
	4.2 ZGODOVINA KRISTALOGRAFIJE	13
	4.3 STRUKTURA SNOVI	14
	4.4 ZANIMIVOSTI	17
5	REZULTATI	19
6	RAZPRAVA.....	27
7	ZAKLJUČEK	32
8	LITERATURA.....	34

KAZALO SLIK

Slika1: Reagenti	7
Slika 2: Kristalna struktura natrijevega klorida	14
Slika 3: Kristalna struktura modre galice	15
Slika 4: Zlati cipelj (Liza aurata)	18
Slika 5: Kristal snežinke	18
Slika 6: Razstava Živeti s kristali	19
Slika 7: Utrinek s predavanja dr. Ivana Lebana	19
Slika 8: Spremljanje kristalizacije nasičenih raztopin	21
Slika 9: Merjenje velikosti kristala	22
Slika 10: Rast kristala soli s pritrjenim kristalom (spodnja stran)	24
Sliki 11 in 12: Rast posamičnega kristala soli na vrvici s kristalom	24
Slika 13: Rast kristalov soli na vrvici brez pritrjenega kristala	25
Slika 14: Kristali modre galice po dveh tednih	26
Slika 15: Kristali modre galice po petih tednih	26
Slika 16: Primer izločanja kristalov za pripravljeno raztopino pri 80 °C tretji dan	29
Slika 17: Primer izločanja kristalov za pripravljeno raztopino pri 80 °C osmi dan	29
Slika 18: Primer izločanja kristalov za pripravljeno raztopino pri 40 °C deseti dan	29

KAZALO PREGLEDNIC IN GRAFOV

Preglednica 1: Pojav kristalizacije v nasičenih raztopinah soli pri različnih temperaturah	20
Preglednica 2: Pojav kristalizacije v nasičenih raztopinah modre galice pri različnih temperaturah	21
Preglednica 3: Velikost kristalov v nasičenih raztopinah	22
Preglednica 4: Rezultati velikosti kristalov soli pri temperaturi 60 °C	22
Preglednica 5: Rezultati velikosti kristalov modre galice pri temperaturi 60 °C	23
Preglednica 6: Rezultati kristalizacije pri različnih vrstah soli	23
Graf 1: Topnost natrijevega klorida v vodi	8
Graf 2: Topnost bakrovega sulfata pentahidrata v vodi	8
Graf 3: Topnost natrijevega klorida in bakrovega sulfata pentahidrata v vodi	28

POVZETEK

V raziskovalni nalogi sva preučevala pogoje za rast kristalov bakrovega sulfata pentahidrata in natrijevega klorida. Zanimalo naju je, kako je rast kristalov odvisna od temperature topila in količine topljenca. Raziskala sva še tvorbo kristalov kamene in morske kuhinjske soli, raziskala in opisala pa sva tudi postopek za rast posameznega kristala bakrovega sulfata pentahidrata.

Metode, ki sva jih uporabljala, omogočajo dobro ponovljivost.

Ob pripravi nasičenih raztopin pri različnih temperaturah topila sva ugotovila, da so pri višjih temperaturah nastajali manjši kristali le v primeru bakrovega sulfata pentahidrata. Količina raztopljenega topljenca je vplivala na velikost kristalov. V manj nasičenih raztopinah so pri določeni temperaturi nastajali večji kristali. Med kristali kamene in morske soli pri enakih pogojih so bile razlike v velikosti in prosojnosti kristalov. V primeru morske soli so bili kristali večji in bolj ploščati ter zato tudi bolj prosojni.

ZAHVALA

Zahvaljujeva se mentorici Barbari Petan, prof. kem. in bio., za pomoč in nasvete pri raziskovanju in izdelavi raziskovalne naloge.

Zahvaljujeva se tudi učiteljici Janji Đaković, prof. slov., za lektoriranje naloge.

1 UVOD

Leto 2014 je UNESCO razglasil za mednarodno leto kristalografije. V učilnici kemije nas je ob začetku šolskega leta pričakala razstava zbirke kristalov in povabilo na razstavo v Prirodoslovni muzej Slovenije z naslovom Živeti s kristali. Med kristali sta bila tudi velik kristal modre galice – bakrovega sulfata pentahidrata – in kristal kamene soli – natrijevega klorida, ki ga lovci uporabljajo kot prehransko dopolnilo za srnjad. Tako se nama je porodila ideja za temo raziskovalne naloge.

Raziskovalni problem, ki sva si ga zadala, je bil raziskati pogoje rasti kristalov. Omejila sva se na dve dostopni in cenovno ugodni snovi: bakrov sulfat pentahidrat (modra galica) in natrijev klorid (kuhinjska sol). Snovi sva izbrala, ker sva želela, da bi rezultate raziskovalne naloge lahko uporabljali tudi drugi ljudje, saj je »gojenje« kristalov prav zanimivo in velikokrat nepredvidljivo delo.

V nalogi sva raziskovala vpliv temperature topila in količine topljenca v raztopini na rast kristalov. Razvila sva tudi dobro ponovljiv postopek za gojenje posameznega kristala modre galice. Ker pa se nama je med delom porodilo še vprašanje o razliki v rasti kristalov kamene in morske soli, sva raziskala še to vprašanje.

Med delom sva spoznavala pomen natančno zasnovanih eksperimentov in opazovanja ter predvsem pomen vztrajnosti pri delu in ponovljivosti eksperimentov.

»V grško-rimskem svetu je sol pomenila 'začinjenost' duha, duhovitost in modrost, pomembno vlogo je igrala pri žrtvovanjih.« (8)

V nadaljevanju je predstavljeno najino raziskovanje, v katerem je kar nekaj ščepcev modrosti.

2 HIPOTEZE

Najina predvidevanja pred začetkom raziskovalne naloge:

1. Ob pripravi nasičenih raztopin pri različnih temperaturah topila se bodo izločali različno veliki kristali. Pri višjih temperaturah bodo nastajali manjši kristali.
2. Količina raztopljenega topljenca v topilu pri določeni temperaturi vpliva na velikost kristalov. Manj nasičena je raztopina pri določeni temperaturi, večji bodo kristali.
3. Med nastalimi kristali kamene in morske soli pri enakih pogojih ne bo razlik, saj obe soli vsebujeta natrijev klorid, ki se ob pripravi raztopine raztopi.

3 METODE

1. Zbiranje podatkov s pomočjo različnih virov in literature.
2. Ogled razstave Živeti s kristali v Prirodoslovnem muzeju Slovenije.
3. Udeležba na predavanju dr. Ivana Lebana Kristali in mi (PMS, 4. december 2014, Ljubljana).
4. Eksperimentalne metode:

Priprava reagentov in raztopin

Reagenti:

- natrijev klorid – NaCl (Sigma – Aldrich, 99,8 % čistost),
- bakrov sulfat pentahidrat – $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (Fulka, 99.0 % čistost),
- morska sol piranskih solin Tradicionalna morska sol (nemleta, nejodirana, nerafinirana),
- kamena sol Sol iz osrčja Alp (fino mleta, evaporirana, jodirana),
- destilirana voda.



Slika1: Reagenti

Laboratorijski pripomočki:

- čaše različnih velikosti (150 mL, 500mL, 1000 mL),
- merilni valj 500 mL,
- petrijevke,
- gorilnik, trinožno stojalo in negorljiva mrežica,
- stekleni palčki,
- alkoholni termometer,
- tehtnica,
- lij,
- filtrirni papir,
- erlenmajerici (500 mL),
- merilo
- nitka (lahko tudi laks),
- nosilec (lesena palčka, kartonski trak ...) za pritrditev nitke.

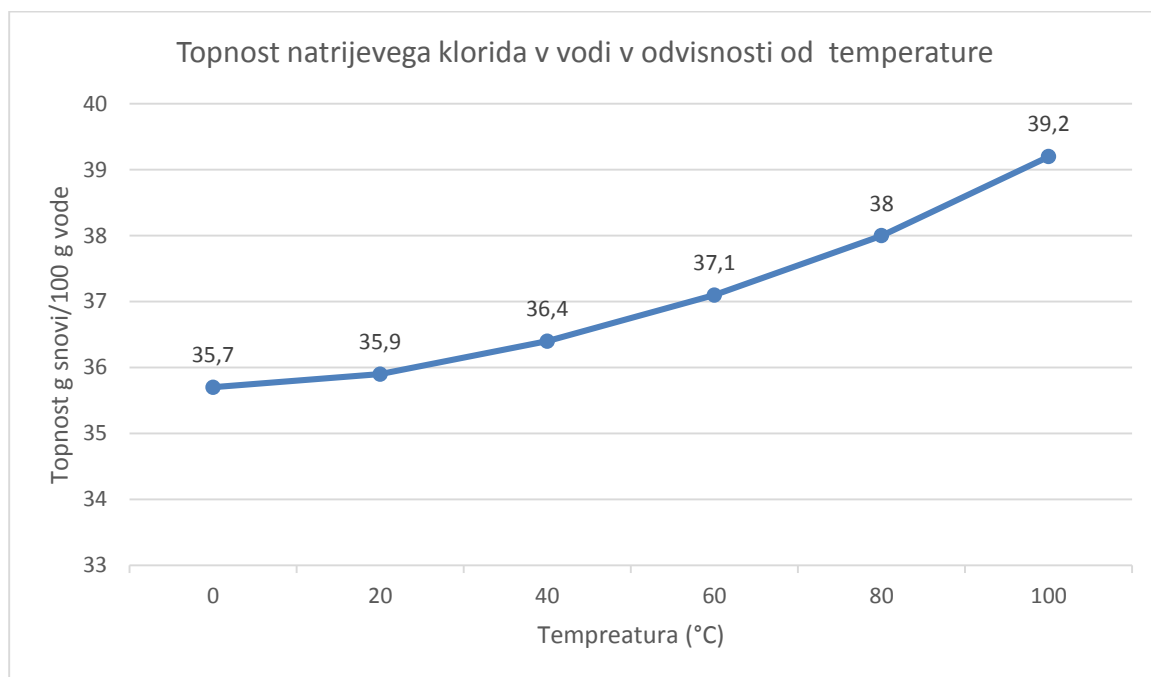
Varnost:

- zaščitna očala,
- rokavice (lateks),
- halja.

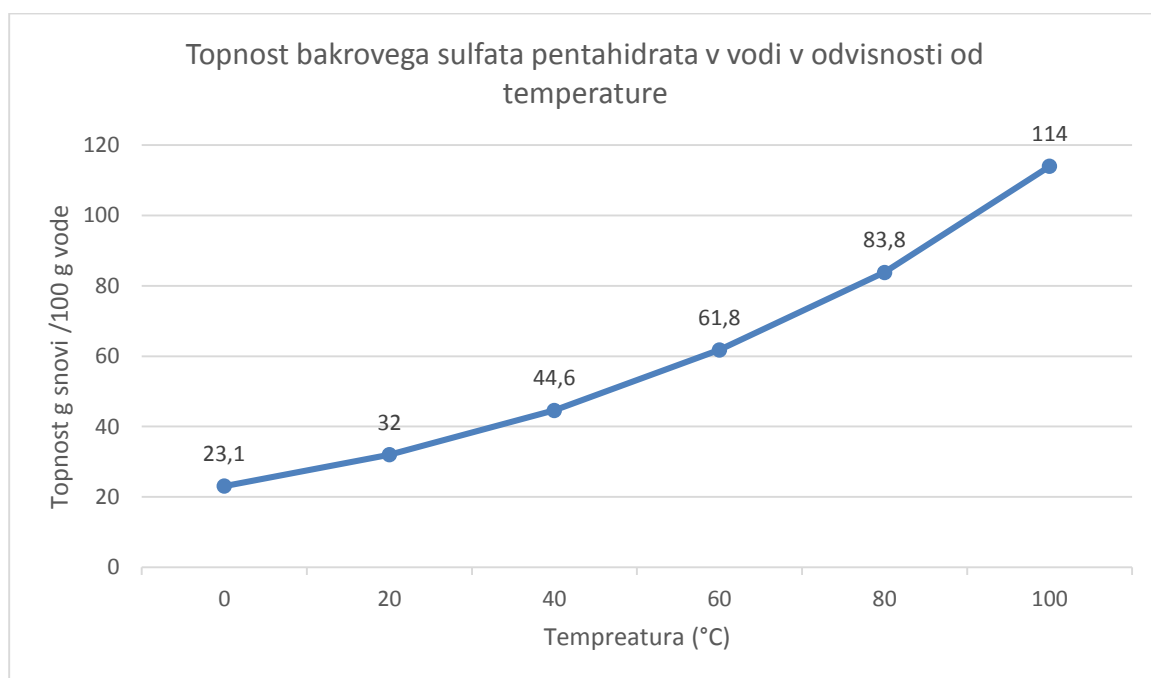
EKSPERIMENTI ZA DOKAZ PRVE HIPOTEZE

Priprava nasičenih raztopin:

S pomočjo podatkov z grafa sva pripravila nasičene raztopine natrijevega klorida (v nadaljevanju soli) in bakrovega sulfata pentahidrata (v nadaljevanju modre galice) pri izbranih temperaturah.



Graf 1: Topnost natrijevega klorida v vodi



Graf 2: Topnost bakrovega sulfata pentahidrata v vodi

Postopek:

- S pomočjo grafa odčitaj potrebno količino topljenca pri izbrani temperaturi in izračunaj količino potrebnega topljenca za 500 mL vode.
- V 1000 mL čašo odmeri 500 mL destilirane vode in jo segrej do izbrane temperature.
- Zatehtaj maso izbranega topljenca.
- Topljenec ob stalnem mešanju dodajaj destilirani vodi.
- Vzdržuj izbrano temperaturo in mešaj raztopino, dokler se ves topjenec ne raztopi.
- Raztopino vlij v označene petrijevke (vsaj 5 ponovitev).

Tako sva pripravila raztopine soli in modre galice pri temperaturi 20 °C, 40 °C, 60 °C, 80 °C in 100 °C. Vzorce sva hranila pri sobni temperaturi 21 °C, na delovnem pultu, ki je na nasprotni strani učilnice kot radiatorji in okna.

EKSPERIMENTI ZA DOKAZ DRUGE HIPOTEZE**Priprava raztopin soli pri temperaturi 60 °C:**

- V 500 mL čaši segrej 300 mL destilirane vode do temperature 60 °C.
- V 150 mL čaše zatehtaj 9,3 g, 18,5 g in 37,1 g soli.
- V vsako čašo dolij 100 mL segrete destilirane vode in mešaj, da se vsa sol raztopi.
- Raztopine prelij v označene petrijevke (vsaj 5 ponovitev).

Priprava raztopin modre galice pri temperaturi 60 °C:

- V 500 mL čaši segrej 300 mL destilirane vode do temperature 60 °C.
- V 150 mL čaše zatehtaj 15,5 g, 30,9 g in 61,8 g modre galice.
- V vsako čašo dolij 100 mL segrete destilirane vode in mešaj, da se vsa modra galica ne raztopi.
- Raztopine prelij v označene petrijevke (vsaj 5 ponovitev).

Vzorce sva hranila pri sobni temperaturi 21 °C, na delovnem pultu, ki je na nasprotni strani učilnice kot radiatorji in okna.

EKSPERIMENTI ZA DOKAZ TRETJE HIPOTEZE

Priprava raztopin kamene in morske soli pri temperaturi 60 °C:

- V 500 mL čaši segrej 300 mL destilirane vode do temperature 60 °C.
- Zatehtaj 111,3 g vzorca izbrane soli.
- V čašo dodaj sol in mešaj, da se vsa sol raztopi.
- Raztopine prelij v označene petrijevke (vsaj 5 ponovitev).

POSTOPEK ZA GOJENJE POSAMEZNEGA KRISTALA:

Priprava manjšega kristala:

- V 500 mL čaši segrej 300 mL destilirane vode do temperature 60 °C .
- Zatehtaj 185,4 g modre galice in ob stalnem mešanju dolivaj destilirano vodo.
- Ko se vsa modra galica raztopi, raztopino filtriraj .
- Po filtraciji dodaj na dno malo modre galice in pusti nekaj dni.
- Po enem ali dveh dnevih se oblikujejo lepi, majhni kristali.
- Raztopino odlij v drugo čašo in izberi lepo oblikovan kristal.

Rast večjega kristala:

- Raztopino, ki si jo odlil, ponovno filtriraj.
- Kristal modre galice, ki si ga izbral, pritrdi na vrstico, to pa pritrdi na nosilec, ki ga boš postavil čez čašo z raztopino modre galice.
- Kristal namesti tako, da lebdi v raztopini.
- Za lep in gladek kristal moraš raztopino vsak teden filtrirati, da ohrani svojo čistočo.
- Odstranuj tudi odvečne kristale, ki se tvorijo v raztopini.

Enak postopek sva uporabila tudi za rast kristalov soli, le da sva zatehtala 111,3 g soli.

Recept za domačo kuhinjo:

- Odmeri 5 dL vode v posodo in jo segrej.
- V posodo dodaj modro galico in raztopino mešaj.

- Ko raztopina zavre, mora na dnu posode ostati neraztopljena modra galica, saj je to znak, da je raztopina nasičena.
- Nato vročo raztopino filtriraj skozi več plasti gaze.
- Vlij jo v steklen kozarec za vlaganje. Tako se bodo tvorili lepi posamični kristali.
- Na sredino kozarca namesti tanko nit. Privežeš jo lahko na svinčnik, leseno palčko, torej karkoli, kar presega premer odprtine.
- Kozarec pusti nekaj dni na mirnem mestu in pusti, da se razvijajo kristalčki.

Če želiš nato »gojiti« le en kristal, delaj naprej po postopku Rast večjega kristala.

4 TEORETIČNI DEL NALOGE

4.1 KAJ JE KRISTAL?

Nova definicija za kristal (1992):

Kristal je snov, ki da pri difrakciji ostro difrakcijsko sliko. Poznamo:

- periodične kristale (230 simetrijskih prostorskih skupin, osnovna celica v 7 singonijah se periodično ponavlja),
- aperiodične kristale (kvazi-kristali). (9)

V "klasični kristalografiji" je veljal princip periodičnega ponavljanja osnovnih celic. Petštevna simetrija je bila "prepovedana". Največja težava je bila, da je bil kristal definiran kot periodično translacijsko ponavljanje osnovne celice v 3D. Toda kmalu so ugotovili, da se da prostor zapolniti tudi z dvema romboedroma na neperiodičen način. (5)

Kristale lahko najdemo povsod v naravi. Že od antičnih časov je učenjake pritegnila njihova lepota, simetrična oblika in različna obarvanost. Že v začetku 20. stoletja so znanstveniki predvidevali, da bi lahko z rentgenskimi žarki »videli« notranjo strukturo snovi. To je bil začetek sodobne strukturne kristalografije. (5)

Kristali so strukture, oblikovane iz stalno ponavljajočega se vzorca povezanih ionov, atomov ali molekul. Kristali lahko rastejo samo, če so prisotna tudi nukleacijska jedra. Med tem procesom se delci, ki kristalizirajo, raztopijo v topilu, kjer se združijo skupaj in tvorijo večje podenote. Ko ta skupek delcev postane dovolj velik, se zmore odcepiti iz matične raztopine in se izkristalizira. Ostale molekule topljenca se v nadaljevanju vežejo na površino kristala in povzročijo nadaljnjo rast kristala, vse dokler ni dosežena točka ravnotežja med molekulami topljenca, vezanih na kristal, in med preostalimi delci v raztopini. Do nukleacije lahko med delci v raztopini pride spontano ali pa na v naprej določenem mestu, kjer se lahko posamezni delci akumulirajo v večjo tvorbo. Trša površina je privlačnejša za nastajanje kristalov kot gladka, zato se kristalizacija začne hitreje tvoriti na delcu kot pa na gladkem delu stekla. (1)

4.2 ZGODOVINA KRISTALOGRAFIJE

Skozi zgodovino pa vse do danes ljudje raziskujemo in občudujemo kristale, njihove nenavadne oblike in lepoto. Kristale so začeli raziskovati že pred 2000 leti, od 19. stoletja pa je kristalografija samostojna veda. Že pred 2000 leti so poznali proces kristalizacije soli in sladkorja. V starodavni indijski in kitajski civilizaciji so izparevali slanico, da so pridobili čisto kristalno sol, kristalni trs pa so pridobivali iz trsnega soka. Dvesto let kasneje so že obvladovali tehniko rezanja trdnih kristalnih snovi za uporabo v posodah in za okrasne predmete. V zadnjih 70 letih se kristalografija zelo hitro razvija. Danes je interdisciplinarno področje, ki se tesno povezuje z matematiko in računalništvom. (5)

Mejniki v razvoju kristalografije:

- 1895: Odkritje rentgenskih žarkov, ki jih je odkril William C. Roentgen in leta 1901 prejel Nobelovo nagrado za fiziko.
- 1914: Max von Laue je s sodelavci odkril, da se na kristalu rentgenski žarki uklonijo v točno določenih smereh. Prejel je Nobelovo nagrado za fiziko.
- 1913: William Henry Bragg in William Lawrence Bragg, oče in sin, sta točno določila lego atomov v kristalu in razložila 3D-strukturo kristala. Svoja spoznanja sta zapisala kot Braggov zakon. Leta 1915 sta prejela Nobelovo nagrado za fiziko.
- 1920–1960: Rentgenske metode pomagajo pri razvoju medicine, zato so tudi še danes uporabljene v bolnišnicah.
- 1962: John Kendrew in Max Perutz določita strukturo beljakovine mioglobina.
- 1953: James Watson in Francis Crick razrešita kristalno strukturo DNA in leta 1962 prejmeta Nobelovo nagrado za medicino.
- 1964: Dorothy Hodgkin je v letih 1937–1969 z uporabo rentgenskih žarkov prikazala zgradbo bioloških molekul (holesterol, vitamin B12, penicilin, inzulin) in leta 1964 prejela Nobelovo nagrado za kemijo ...

Danes je zelo znana metoda rentgenska difrakcija, ki je najuporabnejša metoda za rutinske in tudi zahtevnejše strukturne preiskave trdnih kristalinih vzorcev. Razvoj kristalografije je pomemben za razvoj novih materialov (npr. grafen). Njen razvoj

vpliva na vse industrijske panoge: agroživilstvo, avtomobilizem, letalstvo, farmacijo, kozmetiko, računalništvo, raziskovanje vesolja ... Razvoj kristalografije omogoča napredek današnje družbe. (5)

4.3 STRUKTURA SNOVI

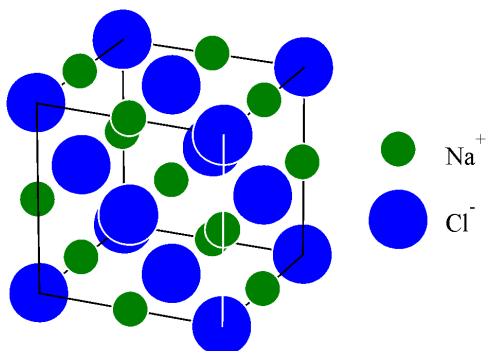
Osnovni delci v snoveh so lahko atomi, molekule in ioni. Snovi imajo različne lastnosti, kar je odvisno od vrste osnovnih delcev in od tega, kako močno so povezani med sabo. Ioni se povezujejo z ionskimi vezmi, molekule s kovalentnimi vezmi, atomi pa so v kovinah povezani s kovinsko vezjo. (4)

Ionski kristali

Ionska vez nastane največkrat pri reakciji kovin z nekovinami. Prvak med kationi kovin in anioni nekovin je ionska vez. V primeru natrijevega klorida nastanejo natrijevi kationi in kloridni anioni. Ker je električni naboj enakomerno razporejen po površini ionov, se okoli natrijevega kationa enakomerno razporedijo negativni anioni in obratno. Tako nastane ionski kristal, v katerem se razpored ionov ponavlja. (4)

Kristal natrijevega klorida se imenuje halit. Kristalna struktura je kubična. Za kristal velja: $a = b = c$; $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$. (11)

V primeru kristala natrijevega klorida se šest natrijevih kationov razporedi okoli kloridnega aniona in obratno. Število anionov okoli kationov (in obratno) imenujemo koordinacijsko število. (4)

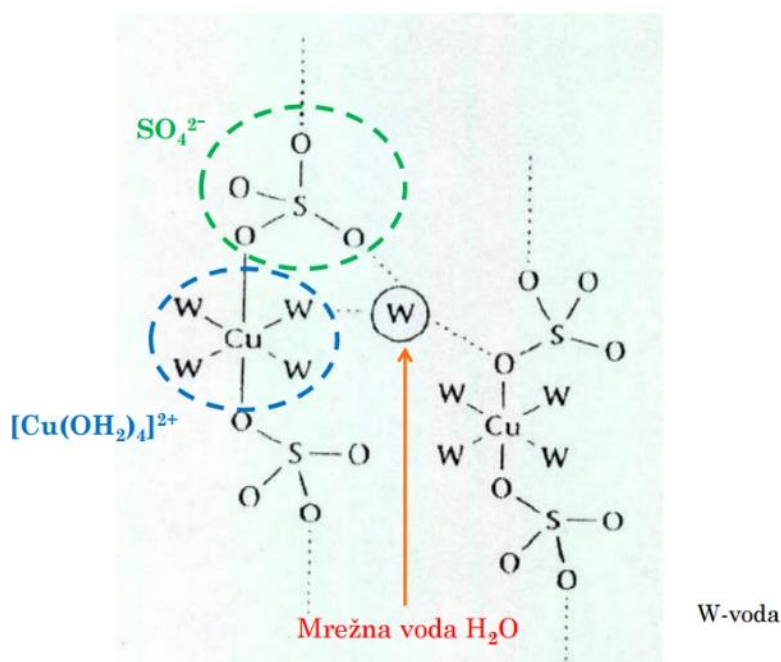


Slika 2: Kristalna struktura natrijevega klorida. Shema: Zupanič, F.

Bakrov sulfat pentahidrat je kemijska spojina s formulo $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Bakrov sulfat pentahidrat je modre barve, brezvodni pa bele. Ob kristalizaciji nastajajo lepi modri kristali. Modra barva kristalov je posledica vezane vode. Pri segrevanju modri bakrov sulfat pentahidrat spremeni barvo iz modre v belo. (2)

Kristalna struktura je triklinška, kar pomeni, da nima rotacijske simetrije. Za kristal velja: $a \neq b \neq c$; $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$. (11)

Starinsko ime za bakrov sulfat pentahidrat je modri vitrol ali modra galica. (2)



Slika 3: Kristalna struktura modre galice. Shema: Šegedin, P.

Ionske vezi so razmeroma močne, zato imajo ionski kristali visoka tališča. Taline in vodne raztopine prevajajo električni tok. So krhki in drobljivi. (4)

Kovalentni kristali

Molekule so električno nevtralni delci. Sestavljene so iz dveh ali več enakih ali različnih atomov. Vezi med molekulami imenujemo kovalentne ali atomske vezi. Vez med atomoma si predstavljamo kot skupni ali vezni elektronski par, pri čemer oba prispevata po en elektron. Kovalentna vez med atomoma istega elementa je vedno nepolarna. Kovalentna vez med atomoma različnih elementov je polarna. (4)

Osnovni delci kovalentnih kristalov so torej atomi, ki so povezani s kovalentnimi vezmi. Lahko bi celo rekli, da je kovalentni kristal ena sama velemolekula. Le malo snovi lahko tvori kovalentne kristale. Za ogljik pa je značilno, da tvori celo vrsto kovalentnih kristalov.(4)

Kovinski kristali

Kovine tvorijo kovinske kristale. V kosu kovine je množica kovinskih kristalov, ki so usmerjeni v poljubne smeri. V kovinskem kristalu so osnovni delci atomi kovin. Elektroni vseh atomov v kovinskem kristalu so skupni vsem atomom in jih tako povezujejo med seboj. Atomi se v kovinskem kristalu razporedijo tako, da so v najtesnejšem stiku. Pri večini kovin je vsak atom obdan z dvanajstimi sosednjimi atomi. Pravimo, da je koordinacijsko število atomov v kovinah 12. Posledica je razmeroma velika gostota. (4)

ZGRADBA TRDNE SNOVI

V trdnem agregatnem stanju so lahko snovi kristalične ali amorfne. V kristalih so osnovni delci snovi razporejeni v določenem redu. Notranji red odseva v zunanjih oblikah kristalov. Kristali imajo skoraj vedno pravilne oblike z večjim ali manjšim številom ravnih ploskev. V amornem stanju (primer steklo, plastika) pa so delci neurejeni. (4)

Urejenost kristaličnih snovi lahko ponazorimo z množico točk v prostoru, ki jo imenujemo kristalna mreža. Vsako kristalno mrežo lahko opišemo z osnovno celico. Osnovna celica predstavlja razporeditev delcev v osnovni celici. Poznamo enostavno, telesno centrirano in ploskovno centrirano osnovno celico. (4)

V kristalih se delci razporedijo tako, da je zasedenost prostora čim večja. To je v veliki meri odvisno od velikosti delcev. Zasedenost prostora je največja v kovinskih kristalih, ker so atomi enako veliki. Glede na obliko osnovnih celic lahko kristalne mreže razdelimo v šest kristalnih sistemov: kubičnega, heksagonalnega, tetragonalnega, ortorombskega, monoklinskega in triklinskega. Razlikujejo se po dolžini robov in kotih v osnovni celici. (4)

4.4 ZANIMIVOSTI

Med poslušanjem predavanja dr. Ivana Lebana so naju pritegnile predvsem tri zanimivosti. Zanimivo se nama je zdelo, da so se v preteklosti veliko ukvarjali z vprašanjem, kako zložiti topovske kroge na ladijskih krovih, da jih bo čim več. Thomas Hariot (1560–1621) je leta 1591 celo objavil delo o različnih vzorcih pakiranja krogel in bil eden od pionirjev atomske teorije.

Druga zanimivost so bili kristali, ki so dobili imena po slovenskih raziskovalcih, krajih ali rekah. Po predavanju sva si ogledala tudi razstavo Živeti s kristali in poiskala primere teh kristalov.

Tretja zanimivost pa so znamke Pošte Slovenije, saj je slednja izdala znamke, prepojene s soljo, in priložnostni znamki ob svetovnem letu kristalografije.

Kristali s poslovenjenimi imeni

Cojzit je redek kalcijev aluminijev hidroksid silikat s kemijsko formulo $\text{Ca}_2\text{Al}_3(\text{SiO}_4)_3(\text{OH})$. Ime je dobil po ljubljanskem podjetniku, mineralogu in mecenu baronu Žigi Zoisu (1747–1819). Leta 1805 so ga njemu v čast poimenovali cojzit.

Čizlakit je magmatska kamnina, ki jo je po kraju Cezlak (južna stran Pohorja) leta 1939 poimenoval profesor Vasilij V. Nikitin.

Vulfenit je mineralni svinčev molibdat s kemijsko formulo PbMoO_4 . Vulfenit iz rudnika Mežica je eden najlepših slovenskih mineralov. Ime je dobil po avstrijskem mineralogu Franzu Xavierju von Wulfenu.

Dravit je mineral rjavega magnezijevega turmalina. Na Dobrovi pri Dravogradu ga je leta 1883 našel avstrijski mineralog Gustav Tschermak. Poimenoval ga je dravit, po reki Dravi.

Idrijalin ali idrijalit je mehak mineral s kemijsko formulo $\text{C}_{22}\text{H}_{14}$, ki spremlja

živosrebrno rudo v idrijskem rudniku. Prvič je bil opisan leta 1832 na svojem nahajališču v Idriji (povzeto po opisih na razstavi Živeti s kristali).

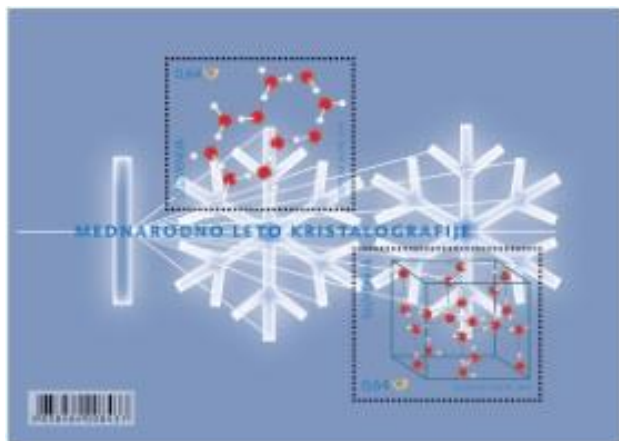
Kristalografija in pošne znamke

Pošta Slovenije je 27. 9. 2013 izdala 4 priložnostne znamke, ki so prepojene s soljo. Na njih so prikazane živali, ki so značilne za naše morje: ribi črniki (nazivna vrednost 60 centov) in zlati cipelj (nazivna vrednost 97 centov), sipa (nazivna vrednost 64 centov) ter glavata kareta (nazivna vrednost 92 centov). (6)



Slika 4: Zlati cipelj (Liza aurata)

Ob mednarodnem letu kristalografije je Pošta Slovenije 30. 5. 2014 izdala še priložnostno znamko, ki predstavlja kristal snežinke. V bloku sta dve znamki. Nazivna vrednost obeh je 64 centov. (6)



Slika 5: Kristal snežinke

5 REZULTATI

Po pregledu literature sva začela z načrtovanjem eksperimentov. Pri pouku kemije sva utrdila in razširila znanje o raztopinah, topnosti in masnem deležu topljenca, tako da sva imela dobro podlago za nadaljnje raziskovalno delo.

Meseca decembra sva si v Prirodoslovnem muzeju Slovenije ogledala razstavo Živeti s kristali in se udeležila predavanja dr. Ivana Lebana Kristali in mi.



Slika 6: Razstava Živeti s kristali. Fotografija: Ciril Mlinar



Slika 7: Utrinek s predavanja dr. Ivana Lebana

REZULTATI EKSPERIMENTOVPogoji v učilnici:

- Kristale sva gojila v učilnici. Delovna površina, kjer sva hranila raztopine in nastale kristale, je bila na nasprotni strani oken in ni bilo direktnega dostopa sončne toplote in toplote radiatorjev. Tako sva zagotavljala konstantne pogoje za rast kristalov.
- Sobna temperatura je bila 21 °C.

Kristalizacijo vsake raztopine pri vseh eksperimentih sva spremljala s petimi ponovitvami.

Kristalizacija nasičenih raztopin pri različnih temperaturah

Pripravila sva nasičene raztopine soli in modre galice pri 20 °C, 40 °C, 60 °C, 80 °C in 100 °C.

Preglednica 1: Pojav kristalizacije v nasičenih raztopinah soli pri različnih temperaturah

	$T_r = 20\text{ °C}$	$T_r = 40\text{ °C}$	$T_r = 60\text{ °C}$	$T_r = 80\text{ °C}$	$T_r = 100\text{ °C}$
ponedeljek, 24. 11. 2014	-	-	-	✓	✓
torek, 25.11. 2014	-	-	✓	✓	✓
sreda, 26.11. 2014	-	✓	✓	✓	✓
četrtek, 27.11. 2014	✓	✓	✓	✓	✓
petek, 28.11. 2014	✓	✓	✓	✓	✓

T_r – temperatura nasičene raztopine

Preglednica 2: Pojav kristalizacije v nasičenih raztopinah modre galice pri različnih temperaturah

	$T_r = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$	$T_r = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$	$T_r = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$	$T_r = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$	$T_r = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$
ponedeljek, 24. 11. 2014	-	-	-	✓	✓
torek, 25.11. 2014	-	✓	✓	✓	✓
sreda, 26.11. 2014	-	✓	✓	✓	✓
četrtek, 27.11. 2014	✓	✓	✓	✓	✓
petek, 28.11. 2014	✓	✓	✓	✓	✓

T_r – temperatura nasičene raztopine



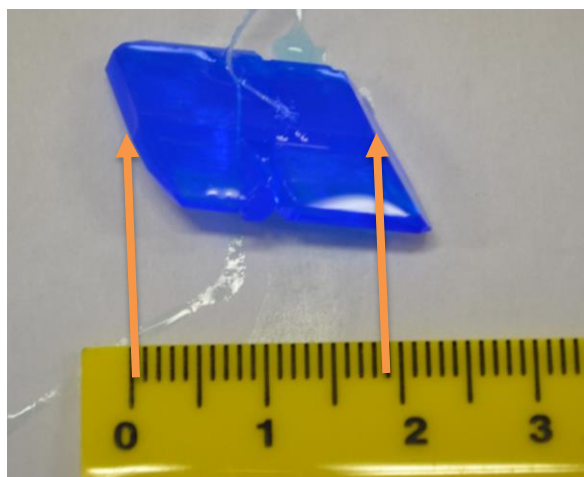
Slika 8: Spremljanje kristalizacije nasičenih raztopin

Preglednica 3: Velikost kristalov v nasičenih raztopinah

	sol	modra galica
$T_r = 20^\circ \text{C}$	solni cvet	10 - 20mm
$T_r = 40^\circ \text{C}$	solni cvet	15 - 20 mm
$T_r = 60^\circ \text{C}$	solni cvet	10 - 15mm En kristal velikosti 25 mm.
$T_r = 80^\circ \text{C}$	solni cvet	6 - 12mm
$T_r = 100^\circ \text{C}$	solni cvet	1 - 4mm

T_r – temperatura nasičene raztopine

Velikost kristala sva določila tako, da sva izmerila dolžino na sredini kristala.



Slika 9: Merjenje velikosti kristala

Rezultati velikosti kristalov pri različno nasičenih raztopinah

Preglednica 4: Rezultati velikosti kristalov soli pri temperaturi 60°C

	9,3 g /100 ml vode	18,5 g/100 ml vode	37,1 g/ 100 ml vode
velikost kristalov	1–4 mm	1–2 mm	1 mm

Preglednica 5: Rezultati velikosti kristalov modre galice pri temperaturi 60 °C

	15,5 g/100 ml vode	30,9 g/100 ml vode	61,8 g/100 ml vode
velikost kristalov	10–20 mm	10–18 mm	8–15 mm

Rezultati kristalizacije pri različnih vrstah soli

Preglednica 6: Rezultati kristalizacije pri različnih vrstah soli

Kamena sol	Morska sol
Kristali, ki nastajajo v nasičeni raztopini kamene soli, rastejo hitro in množično. Kristali so pravilnih oblik, veliki 1 mm. Na pogled so neprosojni. Kristalov je v primerjavi s kristali morske soli veliko.	Kristali rastejo počasneje. Opazne so razlike v velikostih kristalov. Veliki so 1 – 4 mm. Kristali so skoraj prosojni. Kristalov je v primerjavi s kristali kamene soli manj.

Rezultati gojenja posameznih kristalov

Preizkusila sva se tudi v gojenju posameznih kristalov. Pripravila sva si nasičeno raztopino soli in modre galice pri 60 °C. V obeh primerih sva izbrala po pet kristalov enake velikosti. Štiri kristale obeh snovi sva pritrdila in potopila v ustrezne raztopine, enega pa sva pustila za kontrolo. V nasičene raztopine sva namestila tudi vrvice brez kristalov za kontrolo.

Rezultati soli

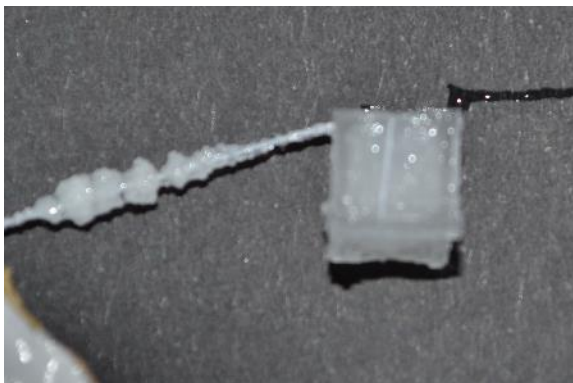
Nit s kristalom:

- Kristal raste počasi, na njegovi površini se nabirajo manjši kristali.
- V raztopini nastajajo drugi kristali, ki rastejo po steni čaše in po vrvi navzgor.
- Največja velikost kristala je kocka z dolžino robu 11 mm.

- Kristali se nabirajo tudi na sredini površine vodne gladine kot nekakšen pokrov.



Slika 10: Rast kristala soli s pritrjenim kristalom (spodnja stran)



Sliki 11 in 12: Rast posamičnega kristala soli na vrvi s kristalom

Nit brez kristala:

- Kristali so zelo različnih velikosti, rastejo v grozdih po niti in tudi na oporo.
- Nabirajo se tudi na dnu in steni čaše.
- Kristali se nabirajo tudi na sredini površine vodne gladine kot nekakšen pokrov.



Slika 13: Rast kristalov soli na vrvici brez pritrjenega kristala

Rezultati modre galice

Nit s kristalom:

- Kristali pri enakih pogojih rastejo različno hitro.
- Robovi kristalov niso povsem gladki.
- Na površini dveh kristalov se pojavljajo manjši kristali.
- Kristali se nabirajo tudi na dnu čaše in steni čaše tik nad gladino.

Izmerjene velikosti ob zaključku raziskovalne naloge:

- kristal številka 1: 45 mm
- kristal številka 2: 47 mm
- kristal številka 3: 53 mm
- kristal številka 4: 63 mm



Slika 14: Kristali modre galice po dveh tednih



Slika 15: Kristali modre galice po petih tednih

Nit brez kristala:

- Kristali nastajajo na niti v grozdih. Rastejo po niti navzgor.
- Nabirajo se tudi na dnu in tik nad gladino raztopine.
- Kristali so različnih velikosti – od 3 mm do 12 mm.

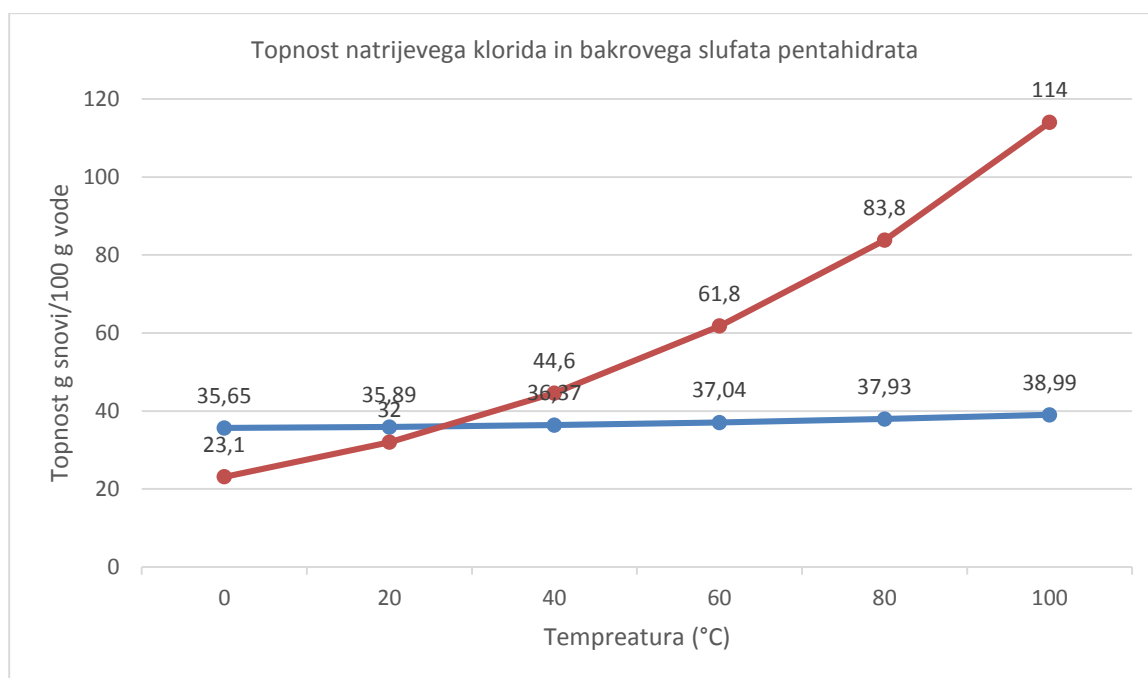
6 RAZPRAVA

Ko sva začela zbirati literaturo, sva trčila ob prvo oviro – kaj izbrati. Po pregledu sva se odločila, da je bolje, da delava z manj viri, s tistimi, ki so kakovostni in verodostojni.

Kot izhodišče za teoretični del sva izbrala elektronski vir, ki je bil dosegljiv ob mednarodnem letu kristalografije Kristalografija danes, in srednješolski učbenik Kemija za gimnazije 1. V teoretični del pa sva dodala tudi podatke, ki sva jih izvedela na predavanju profesorja Ivana Lebana. To predavanje se nama je dobro vtisnilo v spomin, saj je profesor Leban zelo karizmatična osebnost, ki na zelo zanimiv način podaja vsebine. Njegovo predavanje je dosegljivo na spletnih straneh Prirodoslovnega muzeja Slovenije. Na predavanju je prikazal tudi zanimive poskuse, ki so naju navdušili. Prvič sva srečala snov nitinol, zlitino s spominom. Profesor Leban je imel tudi kristale soli, ki so bili po velikosti podobni najinim. Takrat sva si malo oddahnila, saj v naši učilnici nisva mogla zagotoviti pogojev, ki bi omogočali, da bi zrasli večji kristali soli.

Po predavanju sva si ogledala razstavo Živeti s kristali. Pozornost sva namenila predvsem kristalom, ki so dobili ime po znanih Slovencih, rekah, krajih. Na razstavi sva si naredila izpiske, ki sva jih uporabila v teoretičnem delu.

Glavnino najine raziskovalne naloge predstavlja raziskovalni del. Odločila sva se za delo z dvema snovema – natrijevim kloridom in bakrovim sulfatom pentahidratom. Topnost natrijevega klorida se s temperaturo malo spreminja, topnost bakrovega sulfata pentahidrata pa bolj. Vse eksperimente sva delala s petimi ponovitvami. Te so pomembne zaradi potrditve rezultatov. Za samo pet ponovitev sva se odločila predvsem zaradi velike količine steklovine, ki sva jo potrebovala. Poskrbela sva tudi za stabilne pogoje, brez večjega nihanja temperature v učilnici, da sva zagotovila konstantne pogoje za rast kristalov.



Graf 3: Topnost natrijevega klorida in bakrovega sulfata pentahidrata

V nadaljevanju predstavlja najino kritično razmišljanje o poteku raziskovalnega dela in vrednotenje rezultatov.

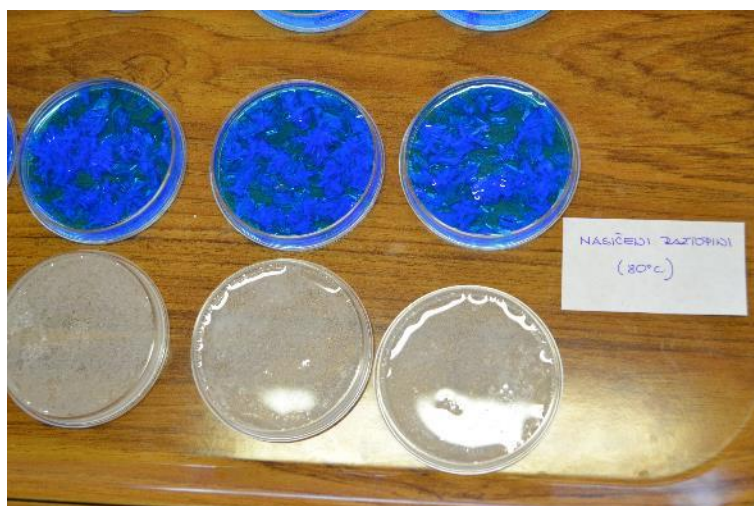
VREDNOTENJE HIPOTEZ

1. Ob pripravi nasičenih raztopin pri različnih temperaturah topila se bodo izločali različno veliki kristali. Pri višjih temperaturah bodo nastajali manjši kristali.

Pri pripravi nasičenih raztopin modre galice nisva imela težav. Pri pripravi nasičenih raztopin soli pa so se težave pojavile pri temperaturah 80 °C in 100 °C. Kristali so se takoj ko sva odstavila čašo, začeli pojavljati na površini kot tanka prevleka.

V primeru kristalizacije soli so kristali torej takoj začeli nastajati v raztopini, pripravljeni pri 80 °C in 100 °C. V primeru modre galice so prvi kristali začeli nastajati po 20 minutah v raztopini, pripravljeni pri 100 °C, po 40 minutah pa še v raztopini, pripravljeni pri 80 °C. Lahko sva prav opazovala nastanek kristalov.

Četrty dan so bili kristali prisotni v vseh raztopinah. Po 11 dneh je v vseh petrijevkah izhlapela vsa voda, ostali so kristali.



Slika 16: Primer izločanja kristalov za pripravljeno raztopino pri 80 °C tretji dan



Slika 17: Primer izločanja kristalov za pripravljeno raztopino pri 80 °C osmi dan



Slika 18: Primer izločanja kristalov za pripravljeno raztopino pri 40 °C deseti dan

V primeru soli je v vseh petrijevkah nastal solni cvet. Razlik med kristali ni. V primeru modre galice pa so razlike očitne. Velikost kristalov in tudi število nastalih kristalov se razlikuje. V primeru nasičenih raztopin pripravljenih pri višji temperaturi so kristali manjši in jih je več. Seveda pa tudi tu velja pravilo: Izjeme potrjujejo pravilo. Vsaj v eni seriji petrijevk je nastal kakšen kristal, ki je izstopal po velikosti. To dokazuje, da je pomembno, da je ponovitev več.

Rezultati dokazujejo, da lahko hipotezo potrdiva le v primeru kristalov modre galice, saj med kristali soli ni bilo razlik.

2. Količina raztopljenega topljenca v topilu pri določeni temperaturi vpliva na velikost kristalov. Manj nasičena je raztopina pri določeni temperaturi, večji bodo kristali.

Pri obeh snoveh so bili rezultati podobni, le da v primeru soli nastajajo manjši kristali. Sol tvori lepe prosojne kristale, velikosti do 4 mm v primeru nenasičene raztopine. Tu se skriva odgovor tudi na vprašanje iz potrjevanja prve hipoteze: Zakaj so bili kristali pri vseh raztopinah soli v obliki solnega cveta? V primeru soli nastajajo večji kristali le, če raztopina ni nasičena. Ko voda počasi izhlapeva, imajo kristali dalj časa za kristalizacijo in rast.

Modra galica se obnaša podobno; manj je nasičena raztopina, večji so kristali in vsi so pravih rombastih oblik.

Tako lahko drugo hipotezo potrdiva v primeru obeh snovi.

3. Med nastalimi kristali kamene in morske soli pri enakih pogojih ne bo razlik, saj obe nasičeni raztopini soli vsebujeta natrijev klorid.

Pri postavljanju te hipoteze sva izhajala iz dejstva, da kljub razlikam med obema vrstama soli po izvoru, načinu pridobivanja, obdelavi in zato tudi velikosti kristalov ne bo razlik, saj bova pripravila raztopine, kjer se vsa sol raztopi. Nad rezultati sva bila presenečena. Razlike so bile ob popolnoma enakih pogojih velike. Najočitnejša je

bila debelina kristalov. V primeru kamene soli so nastali 1 mm velike kocke, zato so bili kristali na pogled neprosojni – beli. V primeru morske soli pa so nastajali malo večji kristali (1–4 mm), ki so bili bolj sploščeni in zato bolj prosojni.

Glede na rezultate morava tretjo hipotezo ovreči.

VREDNOTENJE RASTI POSAMEZNIH KRISTALOV

To je bil najljubši del raziskovalne naloge. Poskušala sva z obema snovema.

Pri soli sva dobila manjše kristale; največji kristal je predstavljala kocka soli z dolžino robu 11 mm. So pa nastajale zato bolj zanimive oblike in skupki kristalov. Sol je kristalizirala zelo nepredvidljivo, kristali so rasli povsod, le tam nem kjer sva želela. Veliko dela sva imela z odstranjevanjem kristalov s stene čaše, dna ter tudi nitke in nosilca. V nekaterih primerih je sol med vikendom enostavno popolnoma prekrila čašo.

V primeru pritrjenih kristalov je kristal še nekoliko zrasel, nato pa so na njegovi površini začeli nastajati novi. Če sva jih poskusila odstraniti, sva poškodovala osnovni kristal, saj so zelo krhki (Slika 10). Tako sva pustila naravi svojo pot.

Ko sva v raztopino spustila le vrvico, pa so nastajali skupki različnih kristalov: na vrvici nad gladino solni cvet, v raztopini pa manjše kocke (Slika 13).

Poskus sva morala izvesti dvakrat, saj sva bila enkrat nepazljiva in sva preveč hitela. Ko sva pripravila dodatno raztopino za dolivanje, ta ni bila nasičena, čeprav sva bila prepričana o nasprotnem. Še danes ne veva, kje sva se uštela. Naslednje jutro so v raztopinah visele prazne zanke nitk. V nadaljevanju se napaka ni več ponovila – bila je dobra šola za nadaljevanje najinega dela.

Kristali modre galice pa so »obnašali« vzorno. Ker je bil najin cilj vzgojiti čim večji kristal, sva svoj čas usmerila v štiri kristale, ki so in še pridno rastejo. Z rezultati sva zelo zadovoljna, saj so vsi štirje kristali zelo zrasli. Osnova so bili kristali, velikosti 8 mm in debeline 1 mm. Tudi tu je bilo potrebno enkrat na teden odstraniti odvečne kristale, ki so nastajali na dnu čaše in na steni tik nad gladino. Raztopine sva tudi vsak teden filtrirala in zagotovila čisto raztopino za rast kristalov. Tudi tu so na

površini kristalov nastajali manjši kristali. Nekatere sva lahko odstranila, drugi pa so se že preveč zrasli z osnovnim. Te sva pustila, da nisva poškodovala osnovnega kristala. Pri gojitvi posameznega kristala je pomembno, da zanj skrbimo kot za majhnega otroka.

7 ZAKLJUČEK

Cilj naloge je bil predstaviti pogoje, v katerih rastejo kristali bakrovega sulfata pentahidrata in natrijevega klorida. Pri raziskovanju sva uporabljala metodo kristalizacije. Vse snovi in laboratorijski pribor sva imela v šoli. Naredila sva veliko različnih eksperimentov in se včasih kljub skrbnemu beleženju izgubljala med podatki. Med delom sva spoznala, kako pomembna je vztrajnost in natančnost pri eksperimentalnem delu, kjer šteje vsak miligram.

Ugotovila sva, da je za gojenje kristalov bolj primeren bakrov sulfat pentahidrat. Predvsem sva zadovoljna s štirimi »velikani«. Ti kristali so postali prava zanimivost v učilnici. Učenci so si jih med odmori ogledovali in se čudili, kako rastejo iz dneva v dan. Kristali natrijevega klorida nama niso najbolj uspeli, saj so se razvijali tam, kjer to ni bilo najbolj zaželeno. Pa vendar je nastal kristal čudovite oblike, ki krasi najino naslovnico. Tudi takšne izkušnje so pozitivne, saj kemija včasih ubere čisto svojo pot.

Poslušanje predavanja Ivana Lebana nama je razširilo obzorja in nama zelo pomagalo pri nadaljnjem raziskovanju in oblikovanju raziskovalne naloge. Zanimiv, zelo humoren predavatelj si je po predavanju vzel čas, da sva vse eksperimente lahko tudi sama preizkusila.

Meniva, da nama je raziskovalna naloga dobro uspela in sva z njo zadovoljna. Med raziskovanjem sva prestala kar nekaj nesoglasij pri mešanju raztopin in pomivanju, ki sva jih dokaj hitro rešila. Zadana vprašanja sva rešila, pojavilo pa se nama je kar nekaj novih.

V nadaljnjo raziskavo bi lahko vključila še kakšno novo snov. Še bolj sistematično bi lahko raziskala količine topljenca v nenasičenih raztopinah in vpliv količine topljenca

na velikost kristalov. Za takšno raziskovanje bi potrebovala zelo veliko časa in tudi več laboratorijskega pribora. Kar nekaj težav sva imela zlasti zaradi pomanjkanja čaš, petrijevk ...Poskusila sva tudi s sladkorjem, pa je delo z sladkornimi nasičenimi raztopinami »presladko«. Spoznala in naredila sva tudi silikatni vrt, kjer kristali uberejo spet čisto svojo pot.

Kristalografija je hitro razvijajoča se veda, ki ima mnogo poslanstev. Lahko se uporablja za analizo tal in vod, razvija nove materiale za filtre in tako omogoči dostop številnim ljudem do kakovostne vode. Razvijajo se novi proizvodi za nižjo porabo energije, cenejši materiali za rabo obnovljivih virov energije. S kristalografijo poskušajo razrešiti tudi problem odpornosti bakterij na antibiotike, saj so uspeli določiti strukturo ribosoma in razložiti, zakaj je moteno delovanje antibiotikov. Prihodnost naše družbe sooblikuje kristalografija.

Ja, sol je lahko tudi ščepec modrosti. Upava, da sva jo s svojo raziskovalno nalogo tudi dokazala.

8 LITERATURA

1. RYAN, L. 2000. Kemija – preproste razlage kemijskih pojavov. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.
2. GALLAGHER, R. M., INGRA, P. 1992. Naravoslovje – Kemija. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.
3. ZUPANČIČ BROUWER, N., GLAŽAR, S. A. 2007. Kemija – eksperimentalne vaje. Ljubljana: Pedagoška fakulteta.
4. BUKOVEC, N., BRENČIČ, J. 2002. Kemija za gimnazije 1 – učbenik. Ljubljana: DZS.
5. Kristalografija danes! [online]. 23. 10. 2014, dostopno na: http://www.iycr2014.org/data/assets/pdf_file/0003/87663/Slovenian_translation_cropped.pdf
6. Pošta Slovenije [online]. 22. 10. 2014, dostopno na: <http://www.posta.si/>
7. BOHINEC, N. [online]. 17. 11. 2014, dostopno na: <http://www.kemija.org/index.php/eksperimenthorij-mainmenu-60/131-kristalina-nitki>.
8. Krajinski park Sečoveljske soline [online]. 22. 10. 2014, dostopno na: <http://www.kpss.si/si/o-parku/soline-in-solinarstvo>
9. LEBAN, I. [online]. 5. 1. 2015, dostopno na: http://videolectures.net/pms2014_leban_kristali/
10. ŠEGEDIN, P. Uporaba kristalne strukture pri razlagi termičnega razkroja modre galice [online]. 23.10. 2014, dostopno na: <https://skupnost.sio.si/mod/resource/view.php?id=289639>
11. ZUPANČ, F. Razporeditev atomov v trdnem [online]. 27. 1. 2015, dostopno na: http://fs-server.uni-mb.si/si/inst/itm/lm/GRADIVA_UC/RAT1_4/index.html

KOLOFON

AVTORJA: Vito Drofenik, Zala Ana Zupanc – učenca 9. razreda

MENTORICA: Barbara Petan

ŠOLA: OŠ Frana Kranjca, Celje

LETO: 2014/15

LEKTORIRANJE: Janja Đaković